



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①② Off nl gungsschrift
①⑩ DE 196 20 831 A 1

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 C 19/56
G 01 P 9/04

②① Aktenzeichen: 196 20 831.9
②② Anmeldetag: 23. 5. 96
③③ Offenlegungstag: 28. 11. 96

DE 196 20 831 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
25.05.95 KR 95-13257

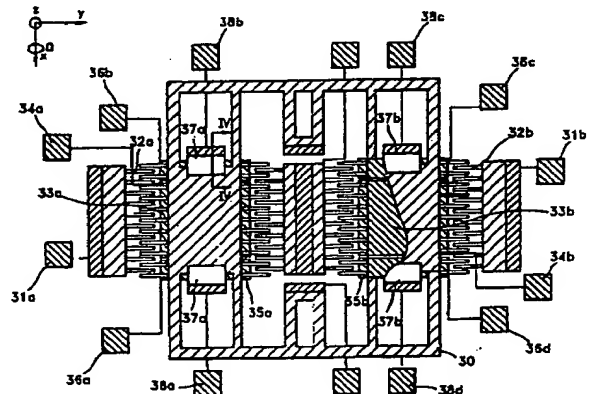
⑦① Anmelder:
Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd., Suwon,
Kyonggi, KR

⑦④ Vertreter:
Wilhelms, Kilian & Partner, 81541 München

⑦② Erfinder:
Lee, Byung-leul, Yongin, Kyungki, KR; Cho,
Young-ho, Daejeon, KR; Song, Ci-moo, Sungnam,
Kyungki, KR

⑤④ Stimmgabelkreis

⑤⑦ Stimmgabelkreis mit einer Schwingungskonstruktion 30, die so angeordnet ist, daß sie von einer durch eine erste Achse und eine dazu senkrechte zweite Achse aufgespannten Ebene in Richtung einer dritten Achse senkrecht zu dieser Ebene beabstandet ist, Treibereinrichtungen, die die Schwingungskonstruktion 30 durch eine elektrostatische Kraft in der Richtung der zweiten Achse in Schwingung versetzen, Sensorelektrodenanordnungen 33a, b, die auf der Ebene so angeordnet sind, daß sie eine Versetzung der Schwingungskonstruktion 30 in Richtung der dritten Achse wahrnehmen, während sich die Schwingungskonstruktion 30 mit einer Winkelgeschwindigkeit um die erste Achse bewegt, oberen Drehmomentelektrodenanordnungen 37a, b zum Kräfteausgleich, die über der Schwingungskonstruktion 30 so angeordnet sind, daß sie die Versetzung der Schwingungskonstruktion 30 in Richtung der dritten Achse steuern oder kontrollieren und unteren Drehmomentelektrodenanordnungen 35a, b zum Kräfteausgleich, die unter der Schwingungskonstruktion 30 so angeordnet sind, daß sie die Versetzung der Schwingungskonstruktion 30 in Richtung der dritten Achse steuern oder kontrollieren. Es kann daher eine Verformung der Schwingungskonstruktion 30 wirksam vermieden werden und es kann die Winkelgeschwindigkeit genau gemessen werden.



DE 196 20 831 A 1

Die Erfindung betrifft einen Stimmgabelkreisel bzw. ein Stimmgabelgyroskop, bei dem insbesondere ein Kräfteausgleich vorgenommen wird, wenn eine Winkelgeschwindigkeit durch Signalverarbeitung der Corioliskraft erfaßt wird, die durch Vektormultiplikation der Lineargeschwindigkeit und der Winkelgeschwindigkeit eines Trägheitsgegenstandes erhalten wird.

Ein Kreisel zum Erfassen der Winkelgeschwindigkeit eines Trägheitsgegenstandes wird als Kernbauteil einer Navigationsvorrichtung für Lenkflugkörper, Hochseeschiffe oder Flugzeuge verwandt. Das Anwendungsgebiet von Kreiseln erweitert sich gegenwärtig auf Navigationsvorrichtungen für Kraftfahrzeuge oder auf Vorrichtungen zum Erfassen und Korrigieren eines Zitterns der Hand der Bedienungsperson einer Videokamera mit hoher Vergrößerung, beispielsweise eines Camcorders. Ein herkömmlicher Kreisel zum Erfassen einer Winkelgeschwindigkeit wird dadurch gefertigt, daß eine Vielzahl von komplizierten Bauteilen zusammengesetzt wird, was eine maschinelle Präzisionsarbeit erforderlich macht. Aufgrund der hohen Herstellungskosten und des großformatigen Aufbaus eignet er sich nicht allgemein für industrielle Anwendungszwecke oder elektrische Hausgeräte.

Es ist bereits ein kleiner Kreisel entwickelt worden, bei dem piezoelektrische Bauelemente an einem Träger in Form eines dreiseitigen Prismas angebracht sind und der als Sensor für das Zittern der Hand bei Videokameras verwandt wird. Um weiterhin Schwierigkeiten bei der Fertigung eines Kreisels mit piezoelektrischen Elementen zu überwinden, ist weiterhin ein kleiner Kreisel mit einer zylindrischen Trägerkonstruktion entwickelt worden.

Da jedoch beide derartige Kreisel eine maschinelle Präzisionsarbeit fordern, ist ihre Fertigung schwierig und mit hohen Kosten verbunden. Da die Kreisel darüber hinaus aus einer Vielzahl von mechanischen Bauteilen bestehen, ist es schwierig, sie in Form einer integrierten Schaltung auszubilden.

Um die oben beschriebenen Kreisel zu verbessern, wird gegenwärtig ein wirtschaftlicher und genauerer Kreisel unter Verwendung der Mikromaschinentechnik entwickelt.

Das Grundprinzip eines Kreisels besteht darin, daß dann, wenn ein Trägheitsgegenstand, der gleichmäßig in einer ersten Achsenrichtung mit einer Winkelgeschwindigkeit schwingt oder rotiert, eine Eingangskraft in einer zweiten Achsenrichtung senkrecht zur ersten Achse empfängt, eine Corioliskraft in einer dritten Achsenrichtung senkrecht sowohl zur ersten als auch zur zweiten Achse erzeugt und erfaßt wird, wodurch es möglich ist, die Winkelgeschwindigkeit zu berechnen. Wenn dabei die Versetzung des Trägheitsgegenstandes durch die Corioliskraft in einem — Gleichgewichtszustand als Reaktionskraft zum Ausgleichen der anliegenden Corioliskraft erfaßt wird, dann ist es möglich, die Genauigkeit, die Linearität und die Bandbreite des erfaßten Signals zu verbessern.

Fig. 4 der zugehörigen Zeichnung zeigt in einer schematischen, perspektivischen Ansicht einen Mikrokreisels mit Kräfteausgleich, der von der Firma The Charles Stark Draper Laboratory, Inc. in den USA unter Verwendung der Mikromaschinentechnik entwickelt wurde (US-PS 5 016 072). Bei diesem bekannten Ausführungsbeispiel sind Elektroden 11a und 11b, die in Richtung der Y-Achse verlaufen, unter einer Schwin-

gungskonstruktion angeordnet und liegt über die Elektroden 11a und 11b eine elektrostatische Kraft an äußeren kardanischen Rahmen 12a und 12b. Wenn die Schwingungskonstruktion sich um die X-Achse dreht, bewegt sich ein innerer, kardanischer Rahmen 13 in die Richtung der Z-Achse. Die Bewegungen des inneren kardanischen Rahmens 13 werden als Änderung der Kapazität an äußeren Elektroden 14a und 14b erfaßt, die in Richtung der Z-Achse verlaufen.

Um die an einem Trägheitsgegenstand, der mit den inneren kardanischen Rahmen 13 verbunden ist, liegenden Kräfte auszugleichen, wird dabei eine elektrostatische Kraft zur Steuerung der Versetzung des Trägheitsgegenstandes 15 über die inneren Elektroden 16a und 16b angelegt, die in Richtung der Z-Achse verlaufen.

Ein derartiger Aufbau eines Kreisels, der in einem Halbleiterherstellungsprozeß gefertigt wird, ist jedoch technisch hochentwickelt, was die Produktivität verringert. Obwohl weiterhin eine vertikale Komponente (X-Achse) der Winkelgeschwindigkeit erfaßt werden kann, können die anderen Komponenten der Winkelgeschwindigkeit nicht erfaßt werden. Da weiterhin die Elektroden 16a und 16b für den Kräfteausgleich nur über oder unter der Schwingungskonstruktion angeordnet sind, ist die Stabilität der Steuerung und Messung beeinträchtigt und wird das Erfassen der Winkelgeschwindigkeit kompliziert.

In Fig. 5 ist ein Kammotorkreisels dargestellt, der die Stimmgabelschwingung ausnutzt und von The Charles Stark Draper Laboratory, Inc. entwickelt wurde. Das Grundarbeitsprinzip ist ähnlich wie das des in Fig. 4 dargestellten Kreisels. Das heißt, daß eine Schwingungskonstruktion 21 an einem Befestigungsteil 22a und 22b über einen Teil 23a und 23b mit geringer Breite befestigt ist. Um die Winkelgeschwindigkeit Ω zu messen, wenn sich die Schwingungskonstruktion 21 um die X-Achse dreht, wird eine elektrostatische Kraft an die Schwingungskonstruktion 21 durch einen rechten und einen linken Motor 24a, 24b über Kämme 25a und 25b angelegt, die an beiden Enden des Kreisels angeordnet sind, was zur Anregung einer Stimmgabelschwingung in Richtung der Y-Achse führt. Ein Motor 26 ist dabei mit einem Kamm 27 verbunden, der im mittleren Teil der Schwingungskonstruktion 21 angeordnet ist, um zu erfassen, ob die elektrostatische Kraft durch den linken und den rechten Motor 24a und 24b in angemessener Weise an der Schwingungskonstruktion 21 liegt.

Wenn sich der Trägheitsgegenstand um die X-Achse dreht, während eine elektrostatische Kraft durch die Motoren 24a und 24b angelegt wird, tritt eine Corioliskraft in Richtung der Z-Achse auf, die eine Versetzung der Schwingungskonstruktion 21 in Richtung der Z-Achse bewirkt. Eine derartige Versetzung liefert eine Kraft zum Verformen der Schwingungskonstruktion 21. Die Verformung der Schwingungskonstruktion 21 wird aus der Änderung der Kapazität an zwei Elektroden 28a und 28b erfaßt, die unter der Schwingungskonstruktion 21 angeordnet sind, wodurch die Corioliskraft gemessen werden kann. Da sich die Schwingungskonstruktion 21 in Richtung der Z-Achse versetzt, das heißt in der oben beschriebenen Weise verformt wird, wird eine elektrostatische Kraft zum Steuern der Verformung durch Drehmomentelektroden 29a und 29b erzeugt, die unter der Schwingungskonstruktion 21 angeordnet sind. Jede der Drehmomentelektroden 29a und 29b ist diagonal an zwei Stellen unter der Schwingungskonstruktion 21 angeordnet, mit Motoren 24c und 24d verbunden und übt eine Ausgleichskraft zum Steuern der Verformung der

Schwingungskonstruktion 21 aus.

Da die Drehmomentelektroden 29a und 29b zum Steuern der Verformung der Schwingungskonstruktion 21 jedoch nur unter der Schwingungskonstruktion 21 angeordnet sind, ist eine leistungsfähige Steuerung der Schwingungskonstruktion 21 nicht möglich, so daß der Verbesserung des Ansprechvermögens Grenzen gesetzt sind. Da weiterhin die Anordnung der Drehmomentelektroden 29a und 29b auf nur zwei Positionen beschränkt ist, kann die Verformungskraft der Schwingungskonstruktion 21 nicht wirksam ausgeglichen werden.

Um die obigen Schwierigkeiten zu beseitigen soll durch die Erfindung ein Kreisel geschaffen werden, der Drehmomentelektroden aufweist, über die eine Verformung einer Schwingungskonstruktion des Kreisels wirksam gesteuert oder kontrolliert werden kann.

Durch die Erfindung soll insbesondere ein Kreisel geschaffen werden, bei dem die Messung einer Winkelgeschwindigkeit leistungsfähiger dadurch möglich ist, daß die Verformungskraft einer Schwingungskonstruktion ausgeglichen wird.

Dazu wird gemäß der Erfindung ein Stimmgabelkreisel geschaffen, der eine Schwingungskonstruktion, die so angeordnet ist, daß sie einen Abstand von einer Ebene, die von einer ersten Achse und von einer dazu senkrechten zweiten Achse aufgespannt wird, in einer Richtung einer dritten Achse senkrecht zu dieser Ebene hat, Treibereinrichtungen zum Versetzen der Schwingungskonstruktion in eine Schwingung in der Richtung der zweiten Achse über eine elektrostatische Kraft, Sensorelektrodenanordnungen, die auf dieser Ebene angeordnet sind, um eine Versetzung der Schwingungskonstruktion in der Richtung der dritten Achse zu erfassen, während sich die Schwingungskonstruktion mit einer Winkelgeschwindigkeit in Richtung der ersten Achse bewegt, obere Drehmomentelektrodenanordnungen zum Ausgleichen der Kraft, die über der Schwingungskonstruktion so angeordnet sind, daß sie die Versetzung der Schwingungskonstruktion in Richtung der dritten Achse steuern oder kontrollieren.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfassen die unteren Drehmomentelektrodenanordnungen eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte untere Drehmomentelektrode, die symmetrisch an vier Stellen unter der Schwingungskonstruktion angeordnet sind, und umfassen die Sensorelektrodenanordnungen eine erste und eine zweite Sensorelektrode, die zwischen der ersten und der zweiten unteren Drehmomentelektrode, die einander gegenüberliegen, und zwischen der dritten und vierten unteren Drehmomentelektrode, die einander gegenüberliegen, jeweils angeordnet sind.

Im folgenden werden anhand der zugehörigen Zeichnung besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel des Stimmgabelkreisels,

Fig. 2 eine Schnittansicht längs der Linie IV-IV in Fig. 1,

Fig. 3 eine Fig. 1 ähnliche Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels,

Fig. 4 eine schematische perspektivische Ansicht eines bekannten Kreisels und

Fig. 5 eine Draufsicht auf einen bekannten Stimmgabelkreisel.

Fig. 1 zeigt einen Stimmgabelkreisel, bei dem eine Schwingungskonstruktion 30 durch einen linken und einen rechten Motor 31a und 31b in Schwingungen in Richtung der Y-Achse versetzt wird.

Wenn der linke und der rechte Motor 31a und 31b mit Energie versorgt werden, dann wird eine elektrostatische Kraft an Kämmen 32a und 32b erzeugt. Die Schwingungskonstruktion 30 schwingt daher in Richtung der Y-Achse. Wenn sich die Schwingungskonstruktion 30 um die X-Achse in einem Zustand dreht, in der die Schwingungskonstruktion 30 schwingt, dann wird eine Corioliskraft in Richtung der Z-Achse erzeugt. Die Corioliskraft in Richtung der Z-Achse wirkt als Kraft zum Verformen der Schwingungskonstruktion 30. Die Verformung der Schwingungskonstruktion 30 führt zu einer Änderung der Kapazität an Sensorelektroden 33a und 33b, die symmetrisch darunter auf der linken und auf der rechten Seite angeordnet sind. Durch eine Messung der Kapazitätsänderung kann die Winkelgeschwindigkeit der Drehung um die X-Achse ermittelt werden. Die linke und die rechte Sensorelektrode 33a und 33b sind jeweils mit einem linken und einem rechten Sensor 34a und 34b verbunden.

Um die Verformung der Schwingungskonstruktion 30 zu steuern oder kontrollieren, sind untere Drehmomentelektroden 35a und 35b an einer Stelle oberhalb und unterhalb der Sensorelektroden 33a und 33b in Richtung der X-Achse angeordnet. Die unteren Drehmomentelektroden 35a und 35b sind mit Drehmomenttreiberteilen 36a und 36b sowie 36c und 36d jeweils verbunden. Jede obere Drehmomentelektrode 37a und 37b ist so angeordnet, daß sie wenigstens einen Teil der unteren Drehmomentelektroden 35a und 35b jeweils überlappt und die Schwingungskonstruktion 30 ist zwischen den oberen Drehmomentelektroden 37a und 37b und den unteren Drehmomentelektroden 35a und 35b angeordnet.

Bei dem obigen Ausführungsbeispiel eines Kreisels sind oberer und unterer Drehmomentelektroden zum Kräfteausgleich an vier Stellen angeordnet, wobei die Schwingungskonstruktion zwischen den oberen und unteren Drehmomentelektroden liegt. Bei einer derartigen Ausbildung wird die stimmgabelartige Schwingung in Richtung der Y-Achse nicht beeinflußt und wird gleichzeitig problemlos eine elektrostatische Kraft angelegt, um für einen Kräfteausgleich in Richtung der Z-Achse zu sorgen.

Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht längs der Linie IV-IV in Fig. 1 zur schematischen Darstellung, wo und wie die oberen und die unteren Drehmomentelektroden 37a und 35a angeordnet sind. In Fig. 2, in der gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, ist die untere Drehmomentelektrode 35a von der Sensorelektrode 33a in der Fläche eines Substrats 40 getrennt angeordnet. Die obere Drehelementelektrode 37a überlappt die untere Drehmomentelektrode 35a in Form eines freitragenden Armes, der vom Ende eines vertikalen Teils ausgeht, der auf der Oberfläche des Substrats 40 angebracht ist. Die Schwingungskonstruktion 30 ist zwischen der unteren und der oberen Drehmomentelektrode 35a und 37a angeordnet.

Fig. 3 zeigt eine Fig. 2 ähnliche Schnittansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine Glasplatte 41 über der Schwingungskonstruktion 30 angeordnet und ist die obere Elektrode 47a an der Unterfläche der Glasplatte 41 so

angebracht, daß sie wenigstens einen Teil der unteren Elektrode 45a überlappt.

Bei dem oben beschriebenen Kreisel erfolgt ein wirksamer Kräfteausgleich, um dadurch die Ansprechlinearität zu verbessern. Da darüberhinaus der Kräfteausgleich dadurch erzielt wird, daß zwei obere und zwei untere Elektroden an vier Stellen der Schwingungskonstruktion angeordnet sind, wird die Verformung dieser Konstruktion wirksam behoben. Da weiterhin ein erneuter Kräfteausgleich bezüglich der Coriolisbeschleunigung oder Corioliskraft nach dem Selbstausgleich bewirkt wird, indem eine reservierte Stromenergie benutzt wird, kann die Schwingung der Kammkonstruktion selbst verringert werden. Ein derartiger Kreisel kann daher wirksam als Sensor benutzt werden, der kaum von äußeren Störungen beeinflusst wird.

Patentansprüche

1. Stimmgabelkreisel, gekennzeichnet durch eine Schwingungskonstruktion (30), die so angeordnet ist, daß sie in einem Abstand von einer durch eine erste Achse und eine dazu senkrechte zweite Achse aufgespannten Ebene in Richtung einer zu dieser Ebene senkrechten dritten Achse liegt, Treibereinrichtungen, die die Schwingungskonstruktion (30) über eine elektrostatische Kraft in Schwingung in Richtung der zweiten Achse versetzen, Sensorelektrodeneinrichtungen (33a, b), die auf der Ebene angeordnet sind und die Versetzung der Schwingungskonstruktion (30) in Richtung der dritten Achse erfassen, während sich die Schwingungskonstruktion (30) mit einer Winkelgeschwindigkeit um die erste Achse bewegt, obere Drehmomentelektrodeneinrichtungen (37a, b) zum Ausgleichen der Schwingungskraft der Schwingungskonstruktion (30), die über der Schwingungskonstruktion (30) so angeordnet sind, daß sie die Versetzung der Schwingungskonstruktion (30) in Richtung der dritten Achse steuern oder kontrollieren, und untere Drehmomentelektrodeneinrichtungen (25a, b) zum Ausgleichen der Schwingungskraft der Schwingungskonstruktion (30), die unter der Schwingungskonstruktion (30) so angeordnet sind, daß sie die Versetzung der Schwingungskonstruktion (30) in Richtung der dritten Achse steuern oder kontrollieren.
2. Kreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (37a, b) so angeordnet sind, daß sie wenigstens einen Teil der unteren Drehmomentelektrodeneinrichtungen (35a, b) überlappen.
3. Kreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die unteren Drehmomentelektrodeneinrichtungen eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte untere Drehmomentelektrode umfassen, die symmetrisch an vier Stellen unter der Schwingungskonstruktion angeordnet sind, und daß die Sensorelektrodeneinrichtungen eine erste und eine zweite Sensorelektrode umfassen, die zwischen der ersten und der zweiten unteren Drehmomentelektrode, die einander gegenüberliegen, und zwischen der dritten und vierten unteren Drehmomentelektrode, die einander gegenüberliegen, jeweils angeordnet sind.
4. Kreisel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

net, daß die unteren Drehmomentelektrodeneinrichtungen eine erste, eine zweite, eine dritte und vierte untere Drehmomentelektrode umfassen, die symmetrisch an vier Stellen unter der Schwingungskonstruktion angeordnet sind, und daß die Sensorelektrodeneinrichtungen eine erste und eine zweite Sensorelektrode umfassen, die zwischen der ersten und der zweiten unteren Drehmomentelektrode, die einander gegenüberliegen, und zwischen der dritten und der vierten unteren Drehmomentelektrode, die einander gegenüberliegen, jeweils angeordnet sind.

5. Kreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Schwingungskonstruktion (30) im Zwischenraum angeordnet ist, der zwischen den oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (37a, b) und den unteren Drehmomentelektrodeneinrichtungen (35a, b) gebildet ist.

6. Kreisel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Schwingungskonstruktion (30) im Zwischenraum angeordnet ist, der zwischen den oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (37a, b) und den unteren Drehmomentelektrodeneinrichtungen (35a, b) gebildet ist.

7. Kreisel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (37a) in Form eines freitragenden Armes ausgebildet sind, der von einem Ende eines auf der Ebene vertikalen Teils ausgeht.

8. Kreisel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (37a) in Form eines freitragenden Armes ausgebildet sind, der von einem Ende eines auf der Ebene vertikalen Teils ausgeht.

9. Kreisel nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Substratelement (41), das über der Schwingungskonstruktion (30) angeordnet ist, wobei die oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (47a) an der Unterfläche des Substratelementes (41) angebracht sind.

10. Kreisel nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch ein Substratelement (41), das über der Schwingungskonstruktion (30) angeordnet ist, wobei die oberen Drehmomentelektrodeneinrichtungen (47a) an der Unterfläche des Substratelementes (41) angebracht sind.

11. Stimmgabelkreisel, gekennzeichnet durch eine Schwingungskonstruktion, die so angeordnet ist, daß sie von einer durch eine erste und eine dazu senkrechte zweite Achse aufgespannte Ebene in Richtung einer dritten zu dieser Ebene senkrechten Achse beabstandet ist,

Treibereinrichtungen, die die Schwingungskonstruktion durch eine elektrostatische Kraft in Richtung der zweiten Achse in Schwingung versetzen, Sensorelektrodeneinrichtungen, die auf der Ebene so angeordnet sind, daß sie eine Versetzung der Schwingungskonstruktion in Richtung der dritten Achse wahrnehmen, während sich die Schwingungskonstruktion mit einer Winkelgeschwindigkeit um die erste Achse bewegt,

Drehmomentelektrodeneinrichtungen zum Ausgleichen der Schwingungskraft der Schwingungskonstruktion, um die Versetzung der Schwingungskonstruktion in Richtung der dritten Achse zu steuern oder zu kontrollieren, welche Drehmomentelektrodeneinrichtungen eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte Drehmomentelektrode um-

fassen, die symmetrisch an vier Stellen unter der Schwingungskonstruktion angeordnet sind.

12. Kreisel nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehmomentelektrodeneinrichtungen weiterhin vier Drehmomentelektroden umfassen, die symmetrisch an vier Stellen über der Schwingungskonstruktion angeordnet sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

*

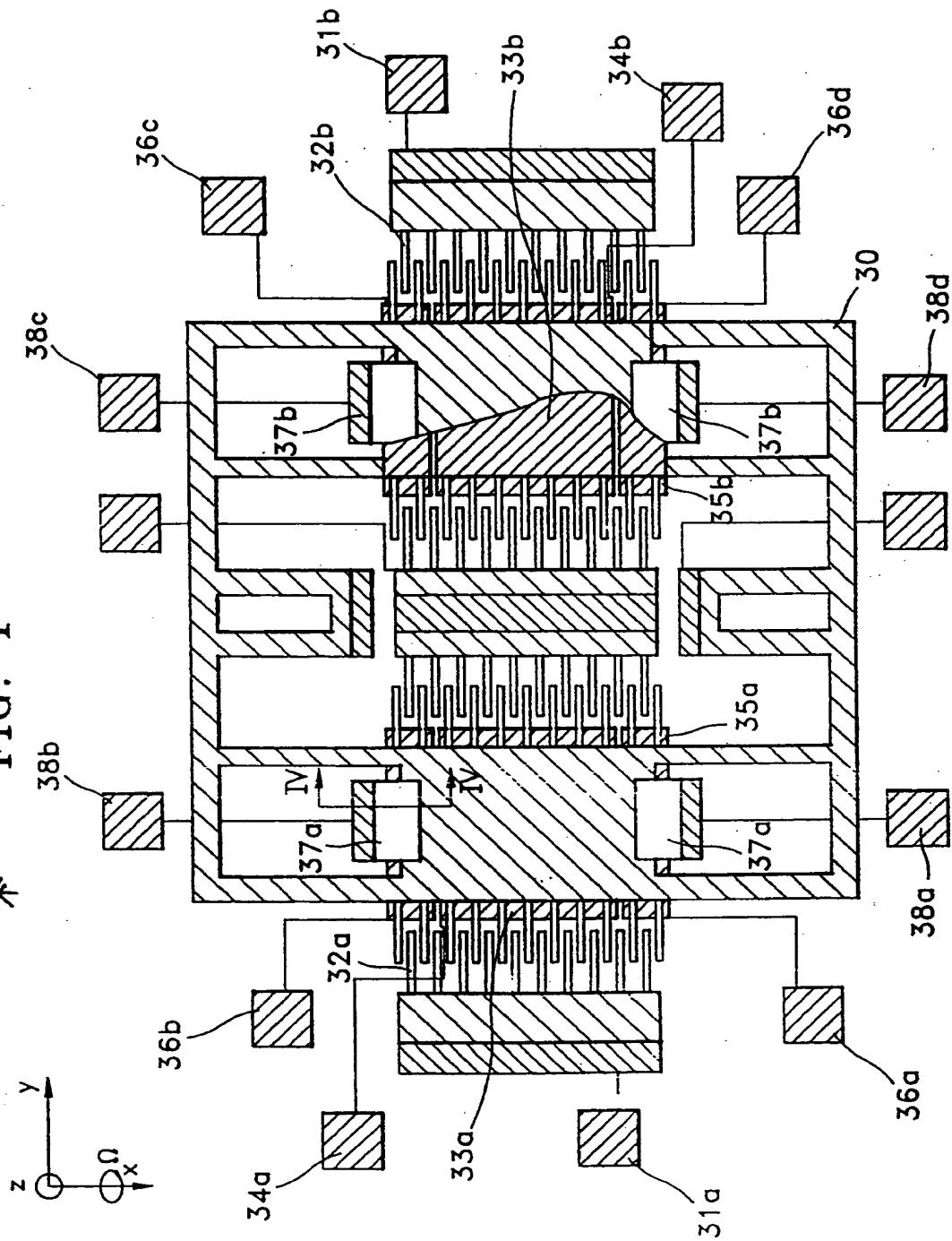


FIG. 2

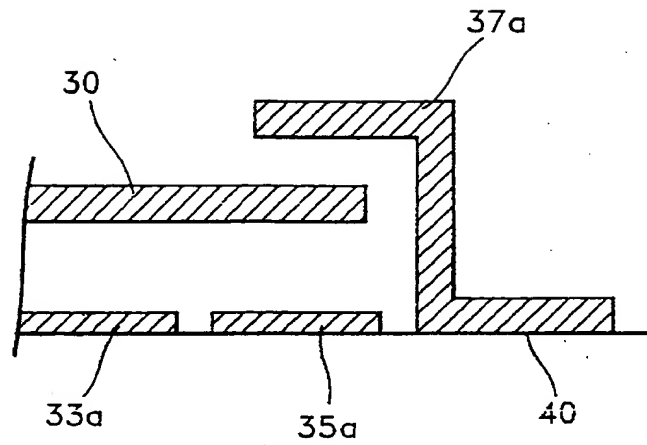


FIG. 3

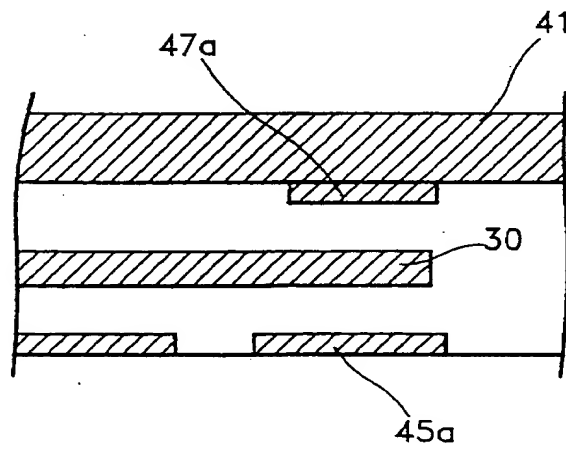


FIG. 4 (STAND DER TECHNIK)

